

Automatisierte Preformerstellung eines Feststoffraketenantriebs im Full-Scale Maßstab aus im Wickel- und Legeprozess verarbeiteten trockenen Kohlenstofffasern

Dipl.-Ing. Mona Eckardt, Dr. Roland Glück
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Augsburg

Dipl.-Ing. Ralf Hartmond
MT Aerospace AG, Augsburg

Experience Composites,
Augsburg, 22.10.2016

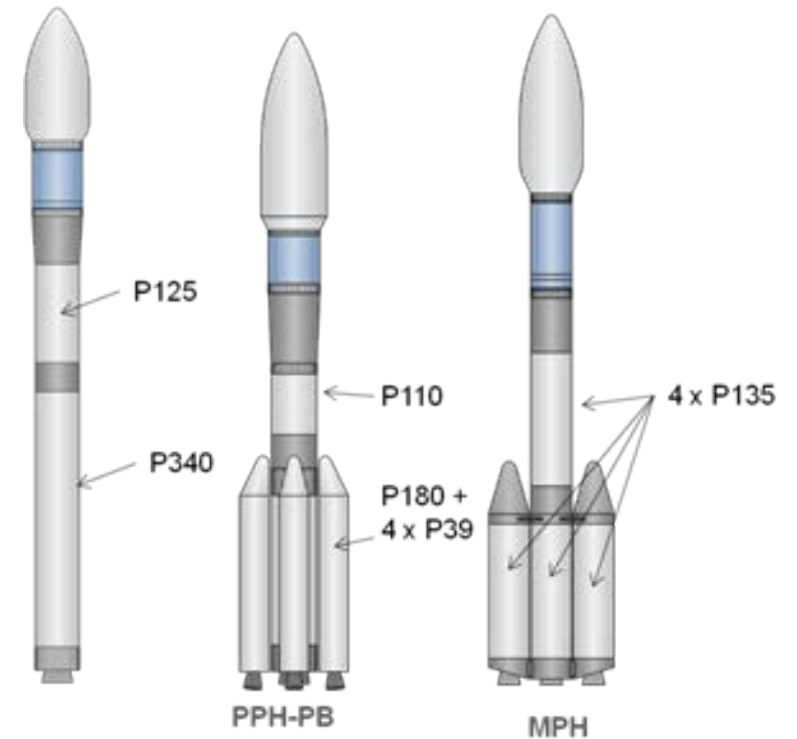


Knowledge for Tomorrow



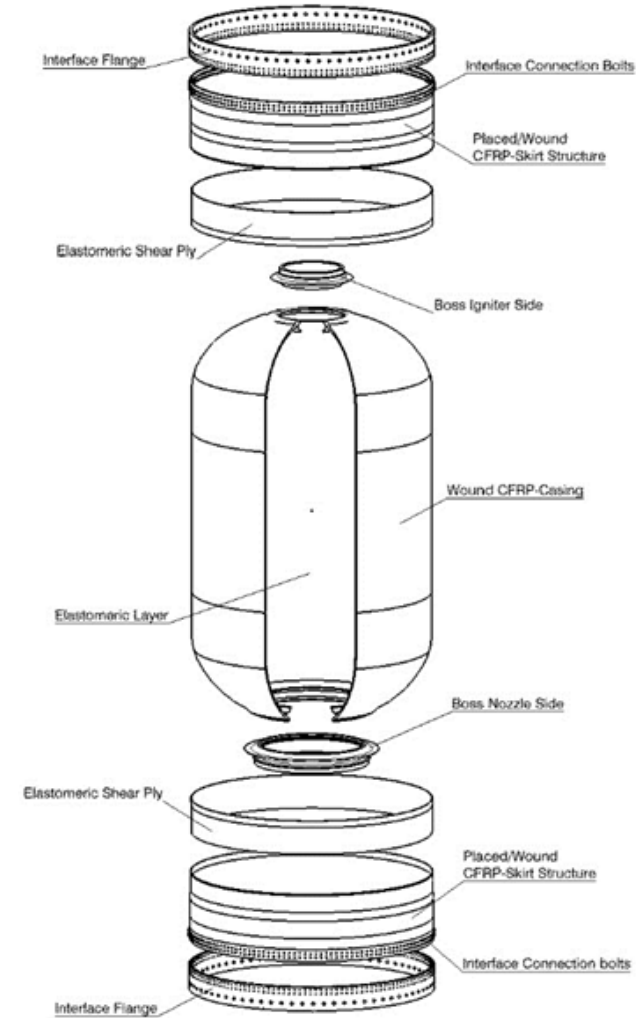
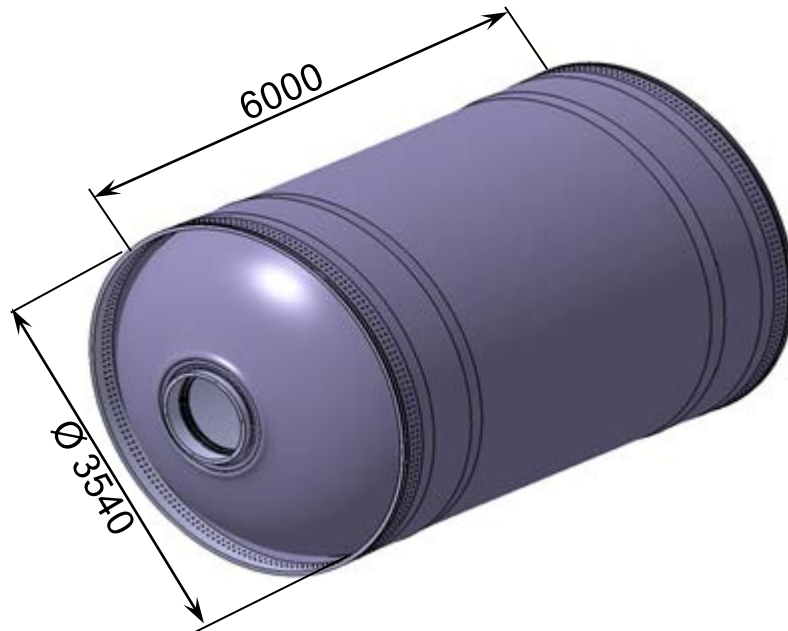
Überblick

- Aktueller Stand:
 - Stahlbooster
 - Feststoffbooster in Unterstufe
- Neuer Ansatz:
 - Carbonverstärkte Kunststoffe (CFK)
 - Preforming mit trockenen Kohlefasern (Wickeln und Tapelegen)
 - Infusionsprozeß mit Epoxydharz
- Herausforderungen:
 - Gewichtsreduktion
 - Senkung der Produktionskosten
 - Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Produkts
 - autoklavlose Produktion



Aufbau und Abmessungen des Motorgehäuses

- Durchmesser $\varnothing = 3.5\text{m}$
- Länge $L \geq 6\text{m}$
- Dicke $t \approx 30\text{mm}$



Reference for both figures: Wolff, M.; Scharringhausen, J.; Hartmond, R.: Development of a Solid Rocket Motor Case Demonstrator for Ariane 6, Conference Paper Sampe Europe, Liege, 2016

DLR Augsburg → Die multifunktionale Zelle

- Abmessungen:
 - Länge: 30m
 - Breite: 15m
 - Höhe: 7m
- Sechs Roboter:
 - drei Industrieroboter
 - drei Portalroboter (Sonderanfertigungen)
- Alle Roboter in Überkopfposition (bessere Erreichbarkeit auch für Negativformen)



Herstellung des Druckbehälters → Wickelprozeß

- Spulenschrank für 12 Spulen mit Protokollsystem
- Wickelroboter mit
 - Fadenumlenkung
 - Fadenklemmung
 - Fadenführung
 - Absaugung
- Drehgestell mit Wickeldorn und Antrieb
- Anlagensteuerung



Herstellung des Druckbehälters → Lagenaufbau

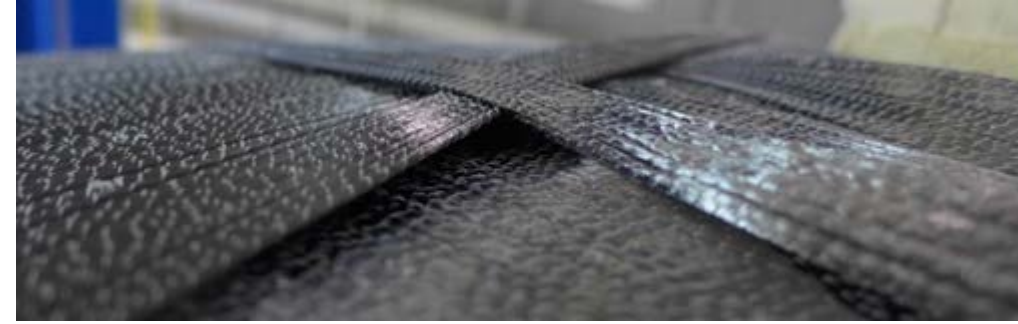


- Kreuzlagen
 - Wickelwinkel unter 50°
 - bedecken das gesamte Bauteil
- Kompaktierungslagen
 - fast parallel zur Querschnittsfläche
 - bedecken den zylindrischen Teil des Kerns
 - hohe Fadenspannung für sichere Kompaktierung
 - hohe Fadenspannung fixiert unterliegende Lagen



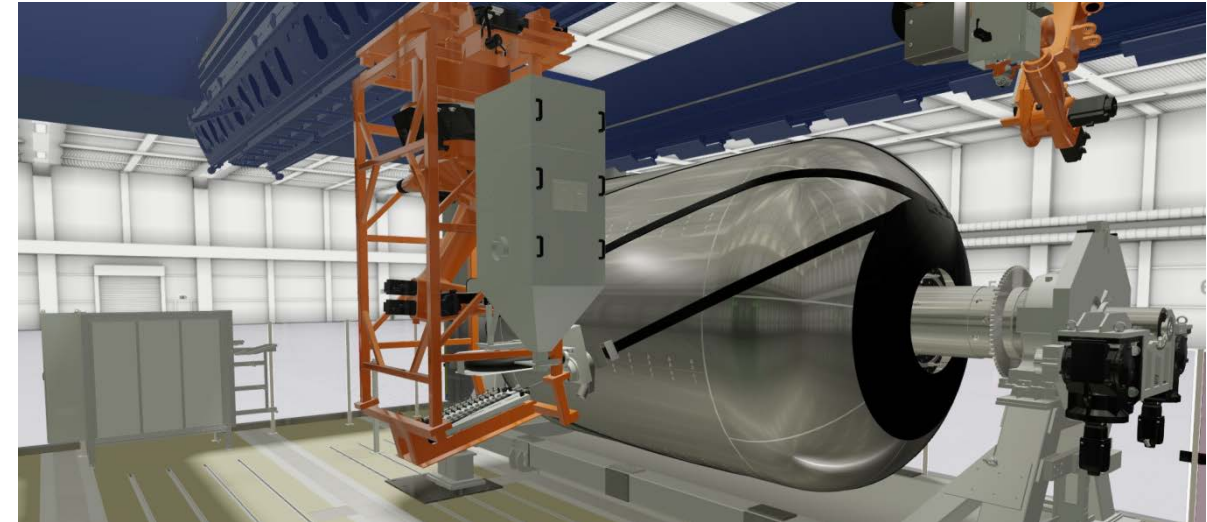
Wulstbildung an den Polen

- An den Polen wird Material immer an der gleichen Stelle abgelegt
→ Wülste bilden sich aus
- Probleme:
 - Entstehen von Hohlräumen/Lücken
→ Harzansammlung während Infusionsprozeß
 - starke Verdichtung der Fasern
→ Harzfluß kann gestört werden
- Lösung:
 - virtuelles Erhöhen der Fadenanzahl
→ Verringerung der Wickeldurchläufe
→ größere simulierte Bandbreite



Hauptprobleme während der Herstellung des Druckbehälters

- Fadenbrüche an verschiedenen Positionen:
 - zwischen Spulenschränk und Roboter
 - nach dem Roboter auf dem Kern
- Synchronisierung von Roboter- und Kernbewegung
 - anwachsende Masse des Kern führt zu Steuerungsproblemen
 - Nachjustage der Steuerungsparameter notwendig



Video: Wickelprozeß des Druckbehälters

- [Videos\Wickeln\DSC_9319.MOV](#)
- [Videos\Wickeln\IMG_1507.MOV](#)



Schürzenherstellung → Tapelegeprozeß

- Form zur Herstellung von zwei Schürzen in einem Teil
 - Durchmesser angepasst an Druckbehälter(ca. 3.5m)
- Länge: 4m
- Tapelegekopf samt Materialvorrat an Portalroboter angebracht



Schürzenherstellung → Tapelegekopf

- Trockene unidirektionale Tapes mit Epoxydbinder
- Tapebreite: 50mm
- Tapedicke: 0.31mm
- Länge pro Spule: 600m (approx. 12kg)
- Infrarotlampen zum Aufschmelzen des Binders



Schürzenherstellung → Lagenaufbau

- Sechs Lagenpackungen
- Jede Packung besteht aus mehreren Lagen plus eine Wickellage
- Legewinkel zwischen -45° und 45°
- Wickellage analog zu Kompaktierungslage
- Maximale Lagenlänge: ca. 2200mm
- minimale Lagenlänge: ca. 200mm
- Ablegegeschwindigkeit: 6m/min



Video: Tape-Laying process of the skirts

[- Videos\Tapelegen\20160705_082621.mp4](#)



Ergebnisse und Ausblick

- Ergebnis:
 - Herstellung der einzelnen Teile (Druckbehälter und Schürzen) ist abgeschlossen
- Nächste Schritte:
 - Druckbehälter und Schürzen verbinden
 - Strukturtest durchführen
- Zukünftige Arbeit:
 - Prozeßoptimierung in Hinblick auf Robustheit und Prozeßgeschwindigkeit
 - Konzept für automatisches Ablegen von Hilfsstoffen für den Infusionsprozeß



Reference: Wolff, M.; Scharringhausen, J.; Hartmond, R.: Development of a Solid Rocket Motor Case Demonstrator for Ariane 6, Conference Paper Sampe Europe, Liege, 2016



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit. Fragen?



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie | Zentrum für
Leichtbauproduktionstechnologie

Am Technologiezentrum 4 | 86159 Augsburg | Deutschland

Dipl.-Ing. Mona Eckardt

Tel +49 821 / 319874-1063

mona.eckardt@dlr.de

Dr. Roland Glück

Tel +49 821 / 319874-1069

roland.glueck@dlr.de

